



REC'D 21 JUN 1999
FR 89 00764 EV
FR 89 00764 EV

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

| | |
|-------|-------------|
| REC'D | 21 JUN 1999 |
| WIPO | PCT |

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 AVR. 1999

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE', is enclosed in a stylized oval frame.

Martine PLANCHE

SIEGE
INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Petersbourg
 75800 PARIS Cedex 08
 Téléphone : 01 53 04 53 04
 Télécopie : 01 42 93 59 30





INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

10 rue de Saint-Petersbourg
75016 Paris Cedex 06
Tél. 01 55 94 53 94 Télex 31 42 91 09 30

BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITE

Code de la propriété intellectuelle-Livret A

cerfa

N° 55 -1328

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Confirmation d'un dépôt par télecopie

1. DE RELEVÉ DES PIÈCES

2. ENREGISTREMENT NATIONAL

DEPARTEMENT DE DÉPÔT

DATE DE DÉPÔT

02 AVRIL 1998

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

brevet d'invention

demande divisionnaire



brevet d'invention

certificat d'utilité

transformation d'une demande de brevet européen

différencié

immédiat

Établissement du rapport de recherche

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

certificat d'utilité n°

date

oui

non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

SYSTEME OPTIQUE, NOTAMMENT LENTILLE INTRAOCULAIRE, LENTILLE DE CONTACT

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

Forme juridique

Monsieur Bernard FEURER

Nationalité (s)

Française

Adresse (s) complète (s)

Pays

701, Chemin d'Embécoune
31450 MONTLAUR

FRANCE

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs oui non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES requise pour la 1ère fois requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RECEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

Guy MORELLE, Mandataire CPI 94-0504

**BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT
D'UTILITÉ**

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR
(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cédex 08
Tél. : (1) 42 94 52 52 - Télécopie : (1) 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

3801109

TITRE DE L'INVENTION :

SYSTÈME OPTIQUE, NOTAMMENT LENTILLE INTRAOCCULAIRE,
LENTILLE DE CONTACT

LE (S) SOUSSIGNÉ (S) Bernard FEURER, domicilié
701, Chemin d'Embéoune
31450 MONTLAUR

DÉSIGNE (NT) EN TANT QU'INVENTEUR (S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

- (1) FEURER Bernard,
701, Chemin d'Embéoune 31450 MONTLAUR, France
- (2) MAUZAC Monique,
2 Allée François Verdier 31000 TOULOUSE, France

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

le 2 Avril 1998



Guy MORELLE CPI 94-0504

SYSTEME OPTIQUE, NOTAMMENT LENTILLE INTRAOCULAIRE, LENTILLE DE CONTACT

La présente invention concerne les systèmes optiques, notamment les systèmes optiques centrés tels que les lentilles intraoculaires, les lentilles de contact, etc.

On sait que l'œil humain est un système optique complexe dont le rôle est de transmettre au cerveau les images qui lui parviennent. L'un des éléments essentiels est le cristallin. Situé en arrière de l'iris, le cristallin est une masse gélatineuse transparente contenue dans le sac cristallinien.

L'opacification du cristallin peut survenir avec l'âge (cataracte). On est alors contraint de retirer le cristallin déficient et de le remplacer par un cristallin artificiel ou par une lentille intraoculaire.

Les cristallins artificiels connus à ce jour sont essentiellement réalisés en matériaux acryliques, par exemple du polyméthyl-méthacrylate ou ses copolymères, ou en dérivés silicones. Ils ont des indices de réfraction relativement faibles. Pour les silicones, on a actuellement des indices de réfraction compris entre 1,41 et 1,46 dans le meilleur des cas. Pour les corrections fortes, il faut donc utiliser des lentilles intraoculaires dont les faces ont une courbure importante et qui, de ce fait, ont une grande épaisseur au niveau de leur axe optique.

Pour obtenir la meilleure correction et ne pas induire des défauts d'astigmatisme, il est en outre nécessaire d'introduire la lentille intraoculaire par une incision de la plus faible dimension possible. Pour ce faire, on recherche des matériaux souples et du plus grand indice de réfraction possible de façon à obtenir une lentille intraoculaire très fine.

L'œil en bonne santé dispose d'un cristallin capable, sous l'action de muscles, les zonules, qui mobilisent le sac cristallinien, de modifier son rayon de courbure en sorte de s'adapter à la vision de près ou à la vision de loin.

Le remplacement du cristallin par une lentille intraoculaire ne permet plus l'accommodation.

Un des objectifs de la présente invention est de réaliser un système optique du type lentille intraoculaire qui pallie les inconvénients de ceux de l'art antérieur.

Plus précisément, la présente invention a pour objet un système optique, notamment lentille intraoculaire, lentille de contact, caractérisé par le fait qu'il est réalisé en un matériau dont l'indice de réfraction optique présente des variations suivant au moins une direction donnée.

Selon une caractéristique de l'invention, ledit matériau est un matériau homogène dont l'indice de réfraction est variable en fonction de sa composition chimique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit matériau est un matériau

hétérogène avec des orientations moléculaires variables selon différentes zones.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit matériau est un matériau homogène apte à modifier son indice de réfraction optique lorsqu'il est soumis à l'action de phénomènes extérieurs.

05 Une autre application est la réalisation de lentilles de contact à double foyer, permettant une correction simultanée de deux défauts visuels (myopie et presbytie par exemple) :

- soit par juxtaposition de deux matériaux, un central, un périphérique, de nature similaire, mais d'indices différents, grâce à des taux de greffage différents sur une même

10 matrice;

- soit par juxtaposition de deux domaines différents d'un même matériau, les deux domaines présentant des indices de réfraction différents grâce à une orientation moléculaire;

15 - soit par réalisation d'un matériau dont l'indice varie sous l'effet d'une contrainte mécanique, la pression des paupières par exemple.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description suivante donnée en regard des dessins annexés à titre illustratif, mais nullement limitatif, dans lesquels:

20 Les figures 1 et 2 représentent des graphiques permettant d'expliciter les variations de propriétés de matériaux utilisés pour la réalisation du système optique du type lentille intraoculaire selon l'invention en fonction de la composition de ces matériaux, le graphique selon la figure 1 représentant l'évolution des températures de transition vitreuse en fonction du taux de substituants, et le graphique selon la figure 2 représentant l'évolution de l'indice de réfraction n en fonction du taux de substituants.

25 Le système optique du type lentille intraoculaire selon l'invention est réalisé en un matériau dont l'indice de réfraction optique présente des variations dans au moins une direction donnée.

Dans un premier mode de réalisation, ce matériau est homogène et présente un indice de réfraction n élevé variable selon sa composition chimique.

30 En effet, pour une molécule donnée, la réfraction molaire R est, en première approximation, une fonction additive des contributions des divers éléments présents dans la molécule. Parmi les groupes chimiques courants, ceux qui ont les effets les plus importants dans l'augmentation de R sont principalement le soufre, les halogènes, en particulier le chlore, le brome et l'iode, et les noyaux aromatiques.

35 L'indice de réfraction n de la molécule augmente avec R de telle sorte que ce sont les molécules contenant les éléments précédemment cités qui ont les indices les plus élevés.

| | | |
|-----------|----------------------|-------------|
| Exemples: | benzène | $n = 1,498$ |
| | o-dichlorobenzène | $n = 1,551$ |
| | disulfure de carbone | $n = 1,628$ |
| | diiodométhane | $n = 1,749$ |

05 De même, l'addition de groupes d'indice de réfraction n élevé sur un polymère accroît l'indice de réfraction du matériau.

A titre d'exemple, on citera le cas de silicones substitués par des entités 9-vinyl anthracène. L'indice de réfraction du matériau obtenu augmente avec le taux de substituants:

| | | |
|----|-----------------------------|-------------|
| 10 | - sans substituant: | $n = 1,403$ |
| | - avec 94% de substituants: | $n = 1,690$ |

Les températures de transition vitreuse T_g augmentent elles aussi avec le taux de substitution du fait de la rigidité des noyaux aromatiques:

| | | |
|----|-----------------------------|---|
| 15 | - sans substituant: | $T_g = -130^\circ C$ |
| | - avec 94% de substituants: | $T_g = \text{entre } 10^\circ C \text{ et } 20^\circ C$ |

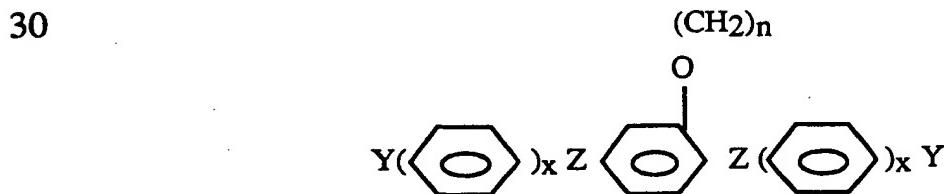
Le processus de fabrication du matériau homogène et présentant un indice de réfraction n élevé et variable selon sa composition chimique, nécessaire à la réalisation d'une lentille intraoculaire selon l'invention comporte les deux étapes suivantes:

En premier lieu, des groupes choisis dans ceux décrits précédemment, en 20 particulier des noyaux aromatiques dont la présence confère en outre au matériau obtenu une capacité de filtration des rayonnements ultra violet, propriété indispensable pour une lentille intraoculaire de bonne qualité, sont fixés sur les polymères utilisés pour les lentilles et cristallins artificiels, cette fixation étant obtenue par l'intermédiaire d'une partie flexible afin de perturber la température T_g le moins possible.

25 Exemples: Substituant de type [1] :



Substituant de type [2] :

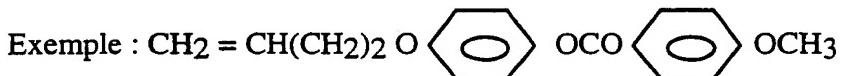


35 avec $Z = OCO, COO, - , ...$
 $Y = H, OC_mH_{2m+1}, C_mH_{2m+1}, ...$
 avec $n > 2, m \geq 1, x = 1, 2, 3, ...$

Ensuite, le taux de substitution est modifié de façon continue, et donc aussi l'indice de réfraction du matériau, pour obtenir des copolymères à proportion modulable de motifs substitués et de motifs non substitués. Dans le cas des silicones, il est nécessaire de réaliser au préalable le copoly(méthylhydrogénodiméthyl)siloxane de composition variable.

Deux exemples sont donnés ci-après, l'un à partir de support silicone, l'autre à partir de support acrylate, le substituant choisi correspondant à la formule [1] ci-dessus où $n=4$, $Z=OCO$, $Y=OC_mH_{2m+1}$ avec $m=1$, $x=1$.

Dans le cas du premier exemple, celui avec un support silicone, le substituant doit posséder une liaison vinylique terminale:



Ce groupe peut être obtenu en deux étapes : réaction du 4-bromobutène sur l'hydroquinone, puis estérification par l'acide p-méthoxybenzoïque.

La chaîne principale siloxane présente une distribution statistique de motifs substituables méthylhydrogénosiloxane et de motifs non substituables diméthylsiloxane en proportion variable. Ces copolymères sont obtenus par redistribution acido-catalysée de motifs diméthylsiloxane introduits en quantité adéquate par l'intermédiaire de l'octaméthylcyclotérasiloxane et de motifs méthylhydrogénosiloxane amenés par des homopolyméthyl-hydrogénosiloxanes.

Le substituant est fixé sur la chaîne principale par hydrosilylation à 60°C en présence d'un solvant. Il est introduit en défaut par rapport aux motifs méthylhydrogénosiloxane (de 5% à 15%) afin de permettre une réaction ultérieure des motifs excédentaires lors de l'étape de réticulation.

En fin de réaction d'hydrosilylation, le polymère est débarrassé de la quasi totalité du solvant par évaporation sous vide à température ambiante. Il est ensuite mélangé à un agent réticulant, et le reste de solvant est évaporé sous vide.

L'agent réticulant est préférentiellement une chaîne flexible et se termine par deux extrémités vinyliques. Sa proportion est telle que la quantité de liaisons vinyliques correspond à la quantité de motifs méthylhydrogénosiloxanes laissés libres.

Exemple d'agent réticulant: $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_p\text{CH}=\text{CH}_2$ $p=2 \text{ à } 20$
 $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O})_q\text{CH}=\text{CH}_2$ $q=2 \text{ à } 10$

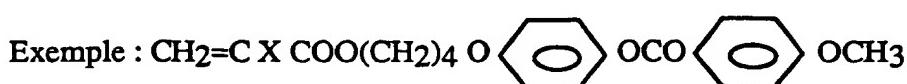
Le mélange polymère/agent réticulant est coulé dans un moule traité de façon à ce que le matériau ne colle pas aux parois. Le moule est mis à 60°C dans une étuve pendant plusieurs heures afin d'obtenir un polymère réticulé que l'on démoule.

Ce produit peut être lavé en le gonflant par un solvant, afin d'éliminer les

éventuelles molécules qui n'auraient pas réagi, puis en le séchant lentement.

Dans le second exemple, celui avec un support acrylate, le monomère acrylate ou méthacrylate, porteur du substituant choisi, doit être synthétisé:

05



avec $\text{X} = \text{H, CH}_3$

Ce groupe peut être obtenu en quatre étapes: réaction du 4-bromobutanol dans lequel la fonction alcool a été protégée, sur l'hydroquinone ; estérification par l'acide p-méthoxybenzoïque ; déprotection de la fonction alcool ; estérification entre cette fonction alcool et le groupe carboxylique de l'acide acrylique ou méthacrylique.

Un monomère difonctionnel présentant une fonction acrylate ou méthacrylate aux deux extrémités doit également être synthétisé. Il peut être obtenu selon le schéma suivant: réaction du 4-bromobutanol dans lequel la fonction alcool a été protégée, sur l'acide hydroxybenzoïque ; estérification par le produit de la réaction du 4-bromobutanol dans lequel la fonction alcool a été protégée, sur l'hydroquinone ; déprotection des fonctions alcool ; estérification de ces fonctions alcool par les fonctions carboxylique de l'acide acrylique ou méthacrylique.

D'autres monomères difonctionnels peuvent être utilisés: éthylène glycol diméthacrylate ; triéthylène glycol diméthacrylate ; tétraéthylène glycol diméthacrylate ; 1,6 hexane diol diméthacrylate ; 1,12 dodécane diol diméthacrylate.

La polymérisation est déclenchée par chauffage ou irradiation UV en présence d'un initiateur (azobis isobutyronitrile par exemple) ou par tout autre système courant (accélérateur chimique, irradiation micro onde).

L'obtention de matériaux réticulés de proportion variable en substituants est possible en mélangeant, préalablement à la réaction de polymérisation, un ou plusieurs monomères non substitués (acrylate de méthyle, méthacrylate de méthyle, hydroxy éthyl méthacrylate par exemple) avec les monomères précédents monofonctionnels et bifonctionnels en proportion adéquate. L'hydroxy éthyl méthacrylate (HEMA) apporte un caractère hydrophile au matériau jusqu'à obtenir un taux d'hydratation de 40% pour un homopolymère. On peut aussi y associer des co-monomères encore plus hydrophiles tel que la N-vinyl pyrrolidone (VP) par exemple.

Les cristallins ou lentilles peuvent être obtenus soit par usinage des matériaux finaux, soit par la réalisation de la dernière étape (polymérisation/réticulation) dans un moule. Dans le cas où le monomère de base présente des qualités hydrophiles, le matériau final peut être gonflé en milieu aqueux et devenir plus ou moins pliable en fonction de sa composition.

Les matériaux ainsi obtenus présentent, par rapport aux silicones ou acrylates de base, des propriétés qui permettent la réalisation de cristallins artificiels, de lentilles intraoculaires, ou de lentilles de contact selon l'invention.

En effet, leur indice de réfraction n et leur température de transition vitreuse T_g
05 sont plus élevés et varient selon leur composition chimique. Notamment, ils augmentent avec l'augmentation des proportions des substituants.

Un exemple de cette évolution est illustré sur les figures 1 et 2 pour les matériaux silicones dont le mode de synthèse a été donné ci-dessous.

Dans cet exemple, l'agent réticulant est une chaîne alkyle; trois longueurs de
10 chaînes d'agent réticulant ont été étudiées correspondant à 10, 16 ou 22 carbones; trois proportions différentes de cet agent réticulant ont été introduites (5, 10, 15%). Ces deux paramètres ont peu d'influence sur l'évolution de l'indice de réfraction ou de la température de transition vitreuse, comme on peut le voir sur les figures 1 et 2.

L'indice de réfraction augmente par contre très rapidement avec le taux de
15 substituants, figure 2, puisque avec 40% de substituants on obtient des indices supérieurs à 1,53.

L'évolution de la température de transition vitreuse, figure 1, est plus lente. Même avec une substitution totale, T_g reste inférieure à la température ambiante.

Les propriétés mécaniques sont quant à elles relativement peu perturbées par les
20 substituants. Par exemple: le module élastique sous cisaillement (G') à fréquence nulle:

$$\text{silicone non modifié: } G' = 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{silicone avec plus de 85\% de substituants: } G' = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Selon un deuxième mode de réalisation, le matériau dans lequel est réalisée la lentille intraoculaire selon l'invention est un matériau hétérogène d'indice élevé et variable
25 dans le matériau.

Les substituants aromatiques proposés ci-dessus sont des cristaux-liquides thermotropes. Ils apportent des propriétés mésomorphes au polymère qui les porte, c'est-à-dire en particulier des propriétés d'orientation moléculaire: dans un domaine de température donné, ces substituants s'orientent très facilement sous l'effet par exemple
30 d'un champ magnétique ou électrique. Cette orientation est ensuite "figée" par le processus de réticulation.

Sous l'effet de l'orientation comme mentionné ci-dessus, l'indice de réfraction devient anisotrope. Il est donc possible, par orientation des substituants, de modifier l'indice de réfraction dans une direction donnée.

35 Selon la présente invention, le système optique est obtenu à partir d'un même polymère, silicone ou acrylate ou méthacrylate par exemple, en réalisant des lots d'indices différents obtenus par des orientations des substituants dans des directions différentes.

Les orientations peuvent être obtenues en plaçant le polymère substitué (dans le cas des silicones) ou les divers monomères, substitués ou non, (dans le cas des acrylates) dans un champ magnétique faible d'environ 1 Tesla ou dans un champ électrique, ou par un traitement de surface du dispositif permettant de fabriquer le matériau ou la lentille dans sa forme finale. La réticulation (dans le cas des silicones) ou la polymérisation/réticulation (dans le cas des acrylates) sont réalisées par traitement thermique par exemple, sous ce champ orienteur.

Ces lots de même nature chimique sont parfaitement compatibles. Ils pourront être assemblés de façon à former des lentilles ou des cristallins de zones d'accommodation différentes. Par exemple, on pourra réaliser une lentille intraoculaire en deux parties: une zone optique centrale adaptée à la vision de près et une zone périphérique adaptée à la vision de loin.

Selon un troisième mode de réalisation, le matériau utilisé pour la réalisation du système optique du type lentille intraoculaire selon l'invention est un matériau homogène d'indice élevé et variable par effet mécanique, permettant en cela l'accommodation.

Selon une caractéristique de l'invention, le matériau dans lequel est réalisé le système optique est un polymère cristaux-liquides tridimensionnel dont l'orientation des entités mésomorphes peut facilement être obtenue par effet mécanique.

On pourra par exemple d'abord réaliser des polymères cristaux-liquides réticulés sans orientation préalable des mésogènes. A partir de ce matériau, seront alors réalisés, par exemple par polymérisation/réticulation dans un moule ou par usinage selon les propriétés du matériau, des cristallins artificiels ou des lentilles intraoculaires. Les zonules exercent une contrainte mécanique qui se répercute, par l'intermédiaire du sac cristallinien, sur le cristallin. Cette contrainte modifie l'orientation des substituants cristaux-liquides et donc l'indice de réfraction dans la direction de vision. De même dans le cas des lentilles de contact, une pression des paupières peut donner des déformations mécaniques nécessaires à la réorientation moléculaire et donc faire varier l'indice de réfraction et par contre coup la puissance de la lentille.

Il est aussi possible de donner à ces matériaux lors de leur réalisation, une orientation préalable des substituants, qui sera modifiée sous l'effet de compressions ou d'étirements transmis au sac par les zonules.

Pour que le matériau sans orientation préalable des mésogènes, soit transparent, ou qu'un matériau préalablement orienté demeure transparent après désorientation, il est placé en phase isotrope dans les conditions d'utilisation. De plus, pour obtenir une orientation suffisante sous contrainte et donc une modification significative de l'indice de réfraction, il est nécessaire de mettre en œuvre le procédé dans une plage de température d'environ 10°C au-dessus de la température T_I à laquelle l'échantillon devient isotrope.

Cette obligation impose une limite supérieure au taux de substitution comme illustré sur la Figure 1. Dans l'exemple choisi, un siloxane modifié à environ 35% conviendrait parfaitement : il est isotrope vers 35°C avec un indice de réfraction supérieur à 1,51 (Figure 1).

05 En phase isotrope, la variation d'indice est d'autant plus importante que la température d'utilisation est proche de T_I . Un exemple de la différence d'indice entre deux directions perpendiculaires, Δn , induite par une contrainte mécanique est donné ci-dessous. Le composé choisi correspond à un méthacrylate substitué par divers groupes du type [2] défini ci-avant:

| | |
|--------------------------------|---|
| 10 à $T_I + 4^\circ\text{C}$, | $\Delta n = 6 \cdot 10^{-3}$ pour une contrainte de $5 \cdot 10^{-2} \text{ N.mm}^{-2}$ |
| | $\Delta n = 2 \cdot 10^{-3}$ pour une contrainte de $2 \cdot 10^{-2} \text{ N.mm}^{-2}$ |
| à $T_I + 25^\circ\text{C}$, | $\Delta n = 1 \cdot 10^{-3}$ pour une contrainte de $5 \cdot 10^{-2} \text{ N.mm}^{-2}$ |
| | $\Delta n = 0,3 \cdot 10^{-3}$ pour une contrainte de $2 \cdot 10^{-2} \text{ N.mm}^{-2}$ |

15

20

25

30

35

R E V E N D I C A T I O N S

1. Système optique, notamment lentille intraoculaire, lentille de contact, *caractérisé par le fait* qu'il est réalisé en un matériau dont l'indice de réfraction optique présente des variations suivant au moins une direction donnée.
05
2. Système optique selon la revendication 1, *caractérisé par le fait* que ledit matériau est un matériau homogène.
3. Système optique selon la revendication 2, *caractérisé par le fait* que ledit matériau homogène comporte au moins un polymère sur lequel est fixé au moins un substituant.
10
4. Système optique selon la revendication 3, *caractérisé par le fait* que le polymère est l'un des composés suivants: silicone, acrylate, et que le substituant est l'un des groupes chimiques suivants: soufre, halogènes, noyaux aromatiques.
5. Système optique selon la revendication 1, *caractérisé par le fait* que ledit matériau est un matériau hétérogène ayant un indice de réfraction optique variable.
15
6. Système optique selon la revendication 5, *caractérisé par le fait* que ledit matériau hétérogène comporte au moins un polymère et au moins un substituant aromatique orienté.
7. Système optique selon la revendication 1, *caractérisé par le fait* que ledit matériau est un matériau homogène d'indice élevé et variable sous l'action d'effets mécaniques.
20
8. Système optique selon la revendication 7, *caractérisé par le fait* que ledit matériau homogène d'indice élevé et variable sous l'action d'effets mécaniques est constitué par au moins un polymère cristaux-liquides tridimensionnel.
25

30

35

